

SPARK PLUG FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Publication number: JP11233233

Publication date: 1999-08-27

Inventor: NAGAMURA KOBO

Applicant: DENSO CORP

Classification:

- international: H01T13/20; H01T13/39; H01T21/02; H01T13/20;
H01T13/39; H01T21/00; (IPC1-7): H01T13/20;
H01T13/39

- European: H01T13/39; H01T21/02

Application number: JP19980051457 19980216

Priority number(s): JP19980051457 19980216

Also published as:

EP0936710 (A1)

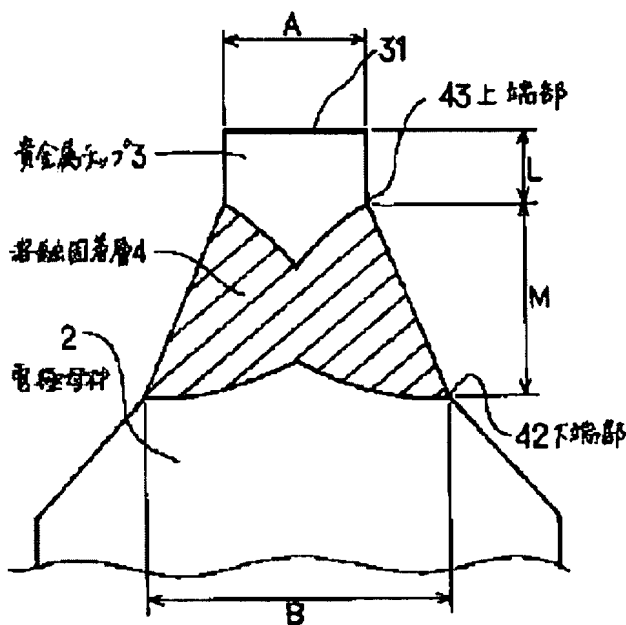
US6215235 (B1)

EP0936710 (B1)

Report a data error here

Abstract of JP11233233

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a spark plug for an internal combustion engine with a high performance and a long life that has an excellent joint strength without decreasing a diameter at a joint interface surface of a small diameter noble metal chip. **SOLUTION:** A noble metal chip 3 is joined by means of laser welding at least at one of surfaces where a center electrode and a grounding electrode are facing each other. A fused and fixed layer 4 at a joint part of the noble metal chip 3 and an electrode base material 2 contains a component of the noble metal chip 3 by 40 wt.% to 70 wt.%. A length L of non-fused part of the noble metal chip 3 is $0.2\text{ mm} \leq L \leq 0.7\text{ mm}$, a length of the fused and fixed layer 4 is $0.2\text{ mm} \leq M \leq 0.7\text{ mm}$. Putting a diameter of the noble metal chip 3 is as A and a diameter of a contacting surface with the electrode base material 2 at the fused and fixed layer 4 is as B, there is a relationship of $B \geq 1.3A$, and $0.3\text{ mm} \leq A \leq 0.6\text{ mm}$.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-233233

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月27日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

H 0 1 T 13/20
13/39H 0 1 T 13/20
13/39

E

審査請求 有 請求項の数 6 F D (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平10-51457

(22) 出願日 平成10年(1998) 2月16日

(71) 出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 長村 弘法

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内

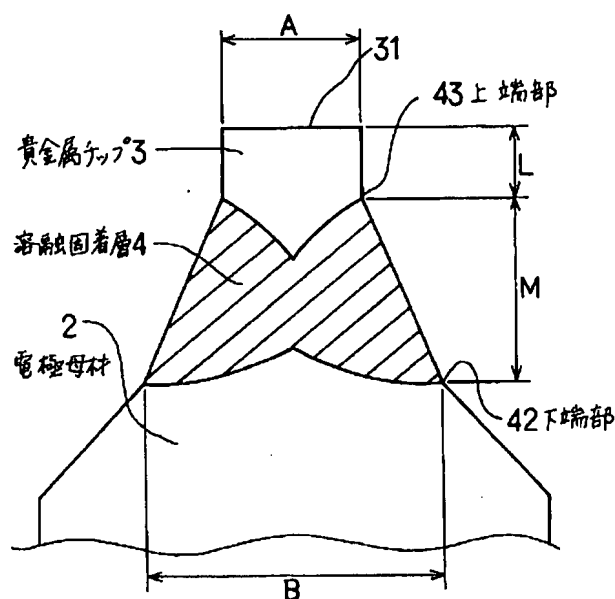
(74) 代理人 弁理士 高橋 祥泰

(54) 【発明の名称】 内燃機関用のスパークプラグ

(57) 【要約】

【課題】 小径貴金属チップの接合界面における細径化がなく接合強度に優れた、高性能、長寿命の内燃機関用のスパークプラグを提供すること。

【解決手段】 中心電極と接地電極とが対向する面の少なくとも一方には、貴金属チップ3をレーザー溶接により接合してなる内燃機関用のスパークプラグ。上記貴金属チップ3と電極母材2との接合部における溶融固着層4は、上記貴金属チップ3の成分を40重量%～70重量%含有している。貴金属チップ3の未溶融部長さLは、 $0.2\text{ mm} \leq L \leq 0.7\text{ mm}$ 、上記溶融固着層の長さMは、 $0.2\text{ mm} \leq M \leq 0.7\text{ mm}$ である。上記貴金属チップの直径をA、上記溶融固着層における電極母材の未溶融部との接触面の直径をBとしたとき、 $B \geq 1.3A$ の関係有し、かつ $0.3\text{ mm} \leq A \leq 0.6\text{ mm}$ である。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 貫通孔を有する絶縁碍子と、少なくとも上記貫通孔の一端に配設した中心電極と、上記絶縁碍子を保持するハウジングと、上記ハウジングに設けられ上記中心電極と対向配設し、中心電極と共に火花ギャップを形成する接地電極とを有し、かつ上記中心電極と接地電極とが対向する面の少なくとも一方には、電極母材に貴金属チップをレーザー溶接により接合してなる内燃機関用のスパークプラグにおいて、上記溶融固着層は、その溶融成分中に上記貴金属チップの成分を、40重量% 10 ~70重量%含有しており、また、上記貴金属チップにおける上記溶融固着層の上端部からその先端までの未溶融部長さLは、 $0.2\text{mm} \leq L \leq 0.7\text{mm}$ であり、上記溶融固着層の長さMは、 $0.2\text{mm} \leq M \leq 0.7\text{mm}$ であり、かつ、上記貴金属チップの直径をA、上記溶融固着層の下端部における上記電極母材との接触面の直径をBとしたとき、 $B \geq 1.3A$ の関係を有し、かつ $0.3\text{mm} \leq A \leq 0.6\text{mm}$ であることを特徴とする内燃機関用のスパークプラグ。

【請求項 2】 請求項 1 において、上記貴金属チップ 20 は、Pt、Ir、Pd、Ru、Rh、Osのうち一種以上の貴金属からなることを特徴とする内燃機関用のスパークプラグ。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 において、上記貴金属チップは、貴金属に対してNi、W、Si、 Y_2O_3 、 ZrO_2 、 Al_2O_3 のうち一種以上の添加剤を含有してなることを特徴とする内燃機関用のスパークプラグ。

【請求項 4】 請求項 1 ~ 3 のいずれか一項において、上記電極母材は、NiにFe、Crを添加してなる耐熱合金であることを特徴とする内燃機関用のスパークプラグ。 30

【請求項 5】 請求項 1 ~ 4 のいずれか一項において、上記貴金属チップは、貴金属材料のインゴットを熱間鍛造を経て、線状に引き延ばした後、所定長さに切断したものであることを特徴とする内燃機関用のスパークプラグ。

【請求項 6】 請求項 1 ~ 5 のいずれか一項において、上記貴金属チップと電極母材との接合部における溶融固着層は、略台形状の断面を有していることを特徴とする内燃機関用のスパークプラグ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【技術分野】 本発明は、中心電極、接地電極のいずれか一方の先端部に、貴金属チップを設けた内燃機関用のスパークプラグに関する。

【0002】

【従来技術】 内燃機関用のスパークプラグは、中心電極、接地電極の放電部材としてPt合金を用いることにより長寿命化、高性能化が図られている。近年、排気浄化、希薄燃焼の観点より、中心電極、接地電極を小径、 50

伸長化し、飛び火性、着火性を向上させることが行なわれている。

【0003】 しかしながら、一般的なNi合金電極は、上記小径、伸長化に伴って、使用中における電極消耗により、火花隙間の拡大化、飛び火不良を生じるおそれがある。そこで、中心電極、接地電極の少なくとも一方の面に、貴金属チップを接合することが検討されている。

【0004】 上記接合法としては、レーザー溶接による方法がある。上記方法を使用したスパークプラグとしては、特開平 6-36856 号公報に開示されているものがある。

【0005】 上記スパークプラグは、直棒径小部を有する電極母材に同径の貴金属チップをレーザー溶接してなり、両者の間には両者が溶融して固着し合った溶融固着層が存在している。上記貴金属チップの接合に当っては、図 11 (A)、(B) に示すごとく、電極母材 9 の直棒径小部 91 における先端面 911 に上記貴金属チップ 3 を置き、両者の境界部 93 を全周に渡りレーザー 5 を照射することにより接合する (図 11 (C))。この時、上記貴金属チップ 3 と上記電極母材 9 との間に両者が溶融して固着し合った楔状の溶融固着層 4 が形成される。

【0006】 上記レーザー照射を行うと、貴金属チップ 3 に比較して融点が高い電極母材 9 においては、スパッタにより母材金属の飛散が発生する。そのため、図 11 (C) に示すごとく、接合界面の母材側にくびれ状部 49 を生じ細径化する。

【0007】

【解決しようとする課題】 しかしながら、上記従来のスパークプラグには、以下の問題点がある。即ち、近年、地球環境保護の観点から、排気ガス規制、燃費規制等がますます強化される傾向にある。これに伴い、スパークプラグには希薄燃焼等に適合する高性能が要求され、放電部の貴金属チップはますます小径化が求められている。

【0008】 このような状況下においては、上記レーザー照射による電極母材 9 の細径化は、上記貴金属チップ 3 及び電極母材 9 の直棒径小部 91 の直径の小径化に対し、無視できない大きさとなる。そのため、レーザー 5 による上記電極母材 9 の細径化は、以下の問題を発生する。

【0009】 即ち、上記スパークプラグを内燃機関に装着し、該内燃機関を高速運転した場合、上記電極母材 9 における貴金属チップ 3 との接合部の直径が小さいために、上記貴金属チップ 3 は、その受熱を電極母材 9 側へ放熱しにくくなる。そのため、上記貴金属チップ 3 の昇温が顕著となり、放電部における異常消耗を引き起こす原因となる。更には、高温強度の弱い直棒径小部 91 が軟化し、貴金属チップ 3 の傾きまたは脱落が発生するおそれがある。

【0010】本発明は、かかる従来の問題点に鑑みてなされたもので、小径貴金属チップと電極母材との接合界面である溶融固着層における接合強度に優れた、高性能、長寿命の内燃機関用のスパークプラグを提供しようとするものである。

【0011】

【課題の解決手段】請求項1の発明は、貫通孔を有する絶縁碍子と、少なくとも上記貫通孔の一端に配設した中心電極と、上記絶縁碍子を保持するハウジングと、上記ハウジングに設けられ上記中心電極と対向配設し、中心電極と共に火花ギャップを形成する接地電極とを有し、かつ上記中心電極と接地電極とが対向する面の少なくとも一方には、電極母材に貴金属チップをレーザー溶接により接合してなる内燃機関用のスパークプラグにおいて、上記溶融固着層は、その溶融成分中に上記貴金属チップの成分を、40重量%～70重量%含有しており、また、上記貴金属チップにおける上記溶融固着層の上端部からその先端までの未溶融部長さLは、 $0.2\text{mm} \leq L \leq 0.7\text{mm}$ であり、上記溶融固着層の長さMは、 $0.2\text{mm} \leq M \leq 0.7\text{mm}$ であり、かつ、上記貴金属チップの直径をA、上記溶融固着層の下端部における上記電極母材との接触面の直径をBとしたとき、 $B \geq 1.3A$ の関係性を有し、かつ $0.3\text{mm} \leq A \leq 0.6\text{mm}$ であることを特徴とする内燃機関用のスパークプラグにある。

【0012】本発明において、最も注目すべき点は、上記貴金属チップの直径をA、上記溶融固着層における電極母材の未溶融部との接触面の直径をBとしたとき、 $B \geq 1.3A$ の関係性を有していること、及び上記溶融固着層は、その溶融成分中に上記貴金属チップの成分を、40重量%～70重量%含有していること、また上記の長さL、M及びAを上記特定の条件としたことにある。

【0013】ここで、上記溶融固着層の下端部における電極母材との接触面の直径Bとは、上記接触面を貴金属チップの軸方向に投影したときにできる円の直径をいう。上記貴金属チップの直径Aと、上記溶融固着層における電極母材の未溶融部との接触面の直径Bとの関係は、 $B \geq 1.3A$ とする必要がある。 $B < 1.3A$ の場合には、貴金属チップの傾き、脱落といった不具合が発生する恐れがある。

【0014】即ち、上述のごとく、スパークプラグの高性能化のため、貴金属チップの直径Aを上記のごとく、 $0.3\text{mm} \sim 0.6\text{mm}$ と小径化すると、溶融固着層も径小となり、貴金属チップの受熱を電極母材を通じて放熱することが困難となる。そのため、融点の低い上記溶融固着層が高温となり、強度が低下するため、貴金属チップの傾き、脱落が発生する恐れがある。そこで、これらの不具合を防止するため、上記AとBとの関係を上記の関係にする必要がある。

【0015】次に、上記溶融固着層における溶融成分中

の上記貴金属チップの成分比は、40～70重量%とする必要がある。上記成分比が40重量%未満の場合には、熱応力により上記溶融固着層の耐久強度が低下する恐れがある。一方、上記成分比が、70重量%を超える場合にも、熱応力により上記溶融固着層の耐久強度が低下する恐れがある。

【0016】即ち、上記スパークプラグ使用時においては、上記溶融固着層、貴金属チップの未溶融部及び電極母材の未溶融部は高温となるため、これらの接合部においては、材料成分の違いに起因する熱応力が発生する。

【0017】この熱応力を抑制するためには、上記溶融固着層と貴金属チップの未溶融部との間、及び上記溶融固着層と電極母材の未溶融部との間の熱膨張差を小さくする必要がある。そして、上記熱膨張差を小さくして、上記接合部における接合強度を保つためには、上記成分比が上記範囲にあることが必要である。

【0018】なお、上記範囲が、貴金属チップの成分比が多い方にあるのは、エンジン内においては、電極母材側より貴金属チップ側の方が高温となることに起因する。即ち、高温となるほど熱応力は大きくなるため、高温側での成分の差を小さくする必要があるからである。

【0019】また、上記未溶融部長さLは、 $0.2\text{mm} \leq L \leq 0.7\text{mm}$ である。ここで、上記貴金属チップにおける上記溶融固着層との境界面とは、該境界面のうちで、最も貴金属チップの先端寄りの部分をいう。

【0020】上記Lが 0.2mm 未満の場合には、使用時に溶融固着層からも放電が起こりやすくなり、耐消耗性が低下する恐れがある。一方、Lが 0.7mm を超える場合には、放熱性が悪化し、また、材料強度も低下し、チップの溶損、折損等の不具合が発生する。

【0021】即ち、上記スパークプラグの使用中に、貴金属チップが消耗すると、上記溶融固着層から、火花放電が発生するようになる。本発明においては、上記溶融固着層は貴金属チップ成分と電極母材成分との合金であるため耐消耗性が低い。そのため、上記溶融固着層が消耗し、スパークプラグの寿命が著しく低下してしまう。従って、上記貴金属チップの未溶融部長さLを 0.2mm 以上に確保して、貴金属チップが多少消耗しても、上記溶融固着層から放電することのないようにするのである。

【0022】一方、上記未溶融部長さLが 0.7mm よりも長すぎると、貴金属チップにおける火花放電による受熱を、電極母材を通じて放熱することが困難となる。また、小径である貴金属チップは、その径方向の力に対する強度が弱くなる。これにより、貴金属チップの溶損、折損等の不具合が発生しやすくなる。従って、上記スパークプラグの長寿命性を確保するために、上記未溶融部長さLを上記範囲に限定することが必要である。

【0023】次に、上記溶融固着層の長さMは、 $0.2\text{mm} \leq M \leq 0.7\text{mm}$ である。ここで、上記溶融固着層

の長さMとは、該溶融固着層の電極母材の未溶融部との境界面のうち最も電極母材寄りの位置から、上記貴金属チップの未溶融部との境界面のうち最も貴金属チップの先端寄りの位置までの、軸方向の長さをいう。

【0024】上記Mが0.2mm未満の場合には、レーザービームのエネルギーを大きくすることができないため、溶融層の食い込みが浅く、貴金属チップと電極母材の境界面に未溶融部が残る、十分な接合強度を得ることができない。一方、Mが0.7mmを超える場合には、上記貴金属チップの未溶融部長さLを確保するために長い貴金属チップを用いる必要がありコストアップとなる。

【0025】次に、上記貴金属チップの直径Aは、 $0.3\text{mm} \leq A \leq 0.6\text{mm}$ である。上記直径Aが0.3mm未満の場合には、使用時に、火花放電が集中して貴金属チップの消耗が激しくなる。一方、上記直径Aが0.6mmを超えると、着火性が悪化する。

【0026】即ち、貴金属チップの直径Aは小さいほど着火性は良い。しかし、上記直径Aが小さすぎると、火花放電が集中して貴金属チップの消耗が激しくなる。そこで、高性能、長寿命のスパークプラグを得るために、上記貴金属チップの高着火性、耐消耗性を確保することが必要であり、ひいては、直径Aを上記範囲に限定することが必要である。

【0027】次に、本発明の作用効果につき説明する。本発明においては上記貴金属チップ、電極母材、及び溶融固着層は、上記の関係を満たす形状を有しており、かつ上記溶融固着層は上記の溶融成分比を有している。そのため、貴金属チップのレーザー溶接による接合時にも接合界面における細径化が発生せず、また、熱応力に対する接合強度も確保できる。更に、高着火性、耐消耗性も維持できる。

【0028】従って、本発明によれば、小径貴金属チップと電極母材との接合界面である溶融固着層における接合強度に優れた、高性能、長寿命の内燃機関用のスパークプラグを得ることができる。

【0029】次に、請求項2の発明のように、上記貴金属チップは、Pt、Ir、Pd、Ru、Rh、Osのうち一種以上の貴金属からなることが好ましい。この場合には、特に高温における上記貴金属チップの耐酸化性が発揮され、上記貴金属チップの消耗を一層抑制し、スパークプラグの長寿命化を図ることができる。

【0030】次に、請求項3の発明のように、上記貴金属チップは、貴金属に対してNi、W、Si、Y、 O_3 、 ZrO_2 、 Al_2O_3 のうち一種以上の添加剤を含有してなることが好ましい。この場合には、貴金属チップの耐酸化性を向上させ、スパークプラグの長寿命化を図ることができる。

【0031】次に、請求項4の発明のように、上記電極母材は、NiにFe、Crを添加してなる耐熱合金であ

ることが好ましい。この場合には、上記電極母材の耐熱性が向上し、熱負荷の厳しい環境で使用されるスパークプラグの長寿命化を図ることができる。

【0032】次に、請求項5の発明のように、上記貴金属チップは、貴金属材料のインゴットを熱間鍛造を経て、線状に引き延ばした後、所定長さに切断したものであることが好ましい。上記のようにして作製した貴金属チップは、ブローホール、成分の偏り、組織の粗雑化が発生しにくくなる。それ故、より耐消耗性に優れた貴金属チップを容易に得ることができる。即ち、上記スパークプラグの長寿命化が図られる。

【0033】次に、請求項6の発明のように、上記貴金属チップと電極母材との接合部における溶融固着層は、略台形状の断面を有していることが好ましい。この場合には、上記貴金属チップと上記電極母材との接合強度に優れたスパークプラグを得ることができる。

【0034】

【発明の実施の形態】実施形態例本発明の実施形態例にかかる内燃機関用のスパークプラグについて、図1～図3を用いて説明する。上記スパークプラグ1は、図2に示すごとく、貫通孔110を有する絶縁碍子11と、少なくとも上記貫通孔110の一端に配設した中心電極28と、上記絶縁碍子11を保持するハウジング15と、上記ハウジング15に設けられ上記中心電極28と対向配設し、中心電極28と共に火花ギャップ27を形成する接地電極29とを有する。また、本例においては、上記中心電極28に対して、接地電極29と対向する面に、貴金属チップ3をレーザー溶接により接合している。

【0035】また、図1に示すごとく、上記貴金属チップ3と中心電極28の電極母材2との接合部における溶融固着層4は、略台形状の断面を有している。上記溶融固着層4は、その溶融成分中に上記貴金属チップ3の成分を、40重量%～70重量%含有している。

【0036】また、上記貴金属チップ3における上記溶融固着層の上端部43からその先端31までの未溶融部長さLは、 $0.2\text{mm} \leq L \leq 0.7\text{mm}$ である。そして、上記溶融固着層4の長さMは、 $0.2\text{mm} \leq M \leq 0.7\text{mm}$ である。

【0037】また、上記貴金属チップ3の直径をA、上記溶融固着層4における電極母材2の未溶融部との接触面の直径をBとしたとき、 $B \geq 1.3A$ の関係を有し、かつ $0.3\text{mm} \leq A \leq 0.6\text{mm}$ である。なお、図2において符号13は、高圧コード接続用の接続端子部である。

【0038】次に、上記貴金属チップ3の上記電極母材2への接合方法につき、図3を用いて説明する。まず、本例においては、貴金属チップ3は、Irに予めRhを添加したIr-Rh合金を用いている。上記貴金属チップ3は、上記貴金属材料のインゴットを熱間鍛造を経て

線状に引き延ばした後、所定長さに切断したものである。

【0039】そして、図3に示すごとく、まず電極母材2の直棒径小部21の先端面211に貴金属チップ3を載置して、抵抗溶接により仮接着しておく（図3

(A)、(B)）。なお、上記直棒径小部21の直径は貴金属チップ3の直径より大きい。次いで、貴金属チップ3と電極母材2の直棒径小部21との間に、レーザー光5を照射する（図3(C)）。上記レーザー光5は、上記電極母材2を間欠的に回転させ、その周囲の10ヶ所に、等間隔に、上記のごとく照射する。

【0040】これにより、貴金属チップ3と電極母材2の直棒径小部21との間が、レーザーエネルギーによって溶融される。上記レーザー5の照射を終了し、放冷することにより、貴金属チップ3と電極母材2との間に、両者が溶融し合っ

て合金化した溶融固着層4が形成される（図3(D)）。
【0041】次に、作用効果につき述べる。上記貴金属チップ3、電極母材2、及び溶融固着層4は、上記の関係を満たす形状を有しており、かつ上記溶融固着層4は、上記の溶融成分比を有している。そのため、前記のごとく、熱応力に対する上記貴金属チップ3と電極母材2における接合強度が確保でき、更に、高着火性、耐消耗性も維持できる。なお、上記溶融固着層は、図3

(D)、図1に示すごとく、その上端部、下端部が波上となるのが一般的である。これは、上記のごとく、貴金属チップ3と電極母材2との間にスポット的にレーザー5を照射するために生じたものである。

【0042】また、上記電極母材2に上記貴金属チップ3を接合する際、レーザー照射を行うが、貴金属チップ3に比して融点が高い電極母材2においては、スパッタによる母材金属の飛散が多く発生する。これにより、接合界面の母材側の方が細径化する恐れがある。しかし、本例においては、上記接合前においては、上記直棒径小部21の直径は、貴金属チップ3の直径より大きい。また、接合後においても上記溶融固着層4は断面が台形状になる（図1、図3(D)）。そのため、接合界面の細径化が発生しない。そのため、上記貴金属チップ3の受熱は、上記電極母材2側に十分に放熱され、接合強度が低化することはない。

【0043】また、上記貴金属チップ3は、Irに予めRhを添加したIr-Rh合金を用いており、また、上記のごとく熱間鍛造を経て線状に引き延ばした後、切断したものである。そのため、特に高温における上記貴金属チップ3の耐酸化性が発揮され、上記貴金属チップ3の消耗が一層抑制される。また、ブローホール、成分の偏り、組織の粗雑化が発生しにくくなる。そのため、更に、一層貴金属チップ3の耐消耗性が向上し、スパークプラグ1の長寿命化を図ることができる。

【0044】従って、本例によれば、小径貴金属チップ

と電極母材との接合界面である溶融固着層における接合強度に優れた、高性能、長寿命の内燃機関用のスパークプラグを得ることができる。

【0045】実験例1

本例においては、図4に示すごとく、貴金属チップにおけるその直径Aの違いによる耐消耗性の変化について実験した。本例にかかる、貴金属チップ3は、中心電極28側に接合されている（図2参照）。

【0046】上記貴金属チップは、Ir-10wt%Rhの材質のものを直径A=0.2mmから1.0mmまで変更した。その長さは1.0mmのものを用了。また、接地電極29側にも同材質で、直径A=1.0mm、長さ0.3mmの円板状チップをレーザー溶接にて装着したものを使用した。

【0047】試験条件は、4サイクル6気筒2000ccのエンジンを用いて、全負荷5600rpmで200時間運転し、火花ギャップ27の拡大量を測定し、中心電極28側の貴金属チップ3の消耗量を求めた。なお、上記試験条件は、市場で一般走行した時の約5万km走行時の条件に匹敵する。上記測定結果を図4に示す。

【0048】同図より知られるごとく、貴金属チップ3の直径Aが0.3mmよりも小さいと、火花放電が集中して、消耗量が急激に大きくなってしまふ。上記結果より、上記貴金属チップ3の直径Aは、0.3mm以上必要であることが分かる。

【0049】実験例2

本例においては、図5に示すごとく、貴金属チップの直径Aの違いによる着火性の変化について実験した。評価に当っては、4気筒1600ccのエンジンを用いて、高着火性の必要性が高いアイドリング（エンジン回転数650rpm）条件で行なった。スパークプラグは、実験例1と同じものを用了。

【0050】判定方法は、アイドリング状態をある空燃比（空気量/燃料量）にて2分間続け、この2分間に発生する点火ミス（HCスパイク）が1回以下の場合は、さらに、空燃比を大きくして上記アイドリング状態を2分間続ける。そして、アイドリング状態を2分間続ける間に、点火ミスが2回以上発生するような空燃比となるまで、上記試験を繰り返して行ない、この空燃比を限界空燃比とした。

【0051】上記限界空燃比の測定を、それぞれのスパークプラグについて3回ずつ繰り返して行なった。ここで、限界空燃比が大きいということは、燃料量の割合の少ない混合気でも、着火性に優れたスパークプラグであるということを示す。

【0052】また、点火ミスが2回以上発生した場合を限界としたのは、1回の点火ミスは、判定誤差や偶発的な点火ミスである可能性があるためである。この結果、図5に示すごとく、貴金属チップの直径Aが大きくなる程、着火性が悪化し、特に0.7mm以上では悪化の度

合いが大きい。

【0053】従って、着火性を確保するためには、貴金属チップの直径Aを0.6mm以下とする必要がある。なお、着火性の悪化は、今後の燃費・排ガス規制の強化に対して、著しく不利になる要因である。

【0054】一方、上記直径Aを小さくすると、実験例1に示すごとく耐消耗性が悪化する。つまり、上記直径Aは小さくなる程、放電電圧は低下するが、火花放電の集中が顕著となり、電極消耗が早く進んでしまう。従って、貴金属チップの耐消耗性と着火性を両立させるためには、直径Aを $0.3\text{mm} \leq A \leq 0.6\text{mm}$ とする必要があることが分かる。

【0055】実験例3

本例においては、表1に示すごとく、熔融固着層4における上記直径Bの貴金属チップ3の直径Aに対する比(B/A)の違いによる、貴金属チップ接合部の耐熱性について実験を行った。評価には、図6に示す供試品を使用した。上記実験においては、図6(A)に示すごとく、電極母材2の直棒径小部21の直径Cを種々に変え、これに対して直径Aの異なる貴金属チップ3をそれぞれ溶接した。上記レーザー溶接された状態は、図6(B)に示すごとく、上記の直径Cと上記接触面の直径Bとは同じである。

【0056】上記直径Aは、0.3mm、0.6mmの2種類、貴金属チップ3の長さは0.85mmであった。また、図6(A)に示すごとく、上記直棒径小部21は長さDが0.15mm、上記電極母材2における上記直棒径小部21の下端より広がる傾斜面22は、その広がり角度 90° のものをを用いた。

【0057】上記貴金属チップ3と上記電極母材2の接合に当っては、図6(A)に示すごとく、上記電極母材3の先端面211より貴金属チップ3側へ0.025mmずらしてレーザー5により10点照射した。照射は、貴金属チップ3及び電極母材の全周にわたって等間隔に行った。照射後、図6(B)に示す熔融固着層4が形成され、これを用いて評価した。これにより、貴金属チップの未溶融部長さ $L=0.7\text{mm}$ 、熔融固着層長さ $M=0.3\text{mm}$ のスパークプラグを得た。なお、この評価は、各条件2個ずつについて行なった。

【0058】評価条件は、以下のように定めた。即ち、まず、4サイクル、6気筒、2000ccのエンジンをを用いて全負荷6000rpmにて点火時期を進め、ブレイグニッションが発生する時期を調査する。そして上記ブレイグニッションが発生する直前の点火時期において、1時間キープしてエンジンを運転し、スパークプラグの耐熱性を確認した。その結果を表1に示す。

【0059】

【表1】

(表1)

接触面の 直径B	貴金属チップの直径A	
	0.3mm	0.6mm
1.5A	〇〇	〇〇
1.4A	〇〇	〇〇
1.3A	〇〇	〇〇
1.2A	△△	△〇
1.1A	△△	△△
A	××	△×

〇…異常なし

△…貴金属チップの傾き発生

×…貴金属チップの脱落

【0060】同表において、接触面の直径Bの欄に示す、A～1.5Aの表示は、上記直径Bが上記直径Aの1～1.5倍であることを示している。また、同表において、〇は異常なし、△は熔融固着層が軟化し、貴金属チップの傾きが発生、×は貴金属チップの熔融固着層からの脱落を示す。

【0061】同表より知られるごとく、 $B \geq 1.3A$ であれば、貴金属チップの直径Aが0.3mm、0.6mmのいずれの場合にも異常が発生しない。従って、上記スパークプラグの耐熱性を確保するためには、 $B \geq 1.3A$ を満たすことが必要であることが分かる。

【0062】実験例4

本例においては、図7に示すごとく、熔融固着層4における成分比の違いによる貴金属チップ3の接合強度を評価した。評価に当っては、図6で示した試料を用いた。ただし、貴金属チップ3の直径Aは熱負荷が厳しい0.3mmで実施した。また、図8に示すごとく、レーザー照射位置を種々変化することにより、上記熔融固着層4の成分比を変更させて、耐久試験を実施した。

【0063】熔融固着層長さMは、0.3mmとし、レーザー照射は、対向する角度からのレーザー照射による溶融部が重なり合うようなレーザーエネルギー7.5J(ジュール)で実施した。また、レーザー照射点数は10点とし、全周にわたって等間隔に照射した。

【0064】上記熔融固着層4は、図8(A)に示すごとく、電極母材2の先端面211より0.025mm電極母材2側の位置にレーザー51を照射することにより作製した。これにより得られた試料は、上記熔融固着層4が貴金属チップ成分比 $\alpha=30\%$ のものである。

【0065】また、上記先端面211より0.025mmおきに貴金属チップ先端31側へ移動させて、レーザー52、53、54、55、56を、それぞれ照射することにより他の試料を作製した。上記先端面211と同じ位置へは、レーザー52が照射された。これにより得られた試料は、上記熔融固着層4がそれぞれ貴金属チップ成分比 $\alpha=40, 50, 60, 70, 80\%$ のものである。ここに、貴金属チップ成分比 α とは、熔融固着層

中に含有されている貴金属チップの成分の割合をいう。

【0066】成分の測定は、上記熔融固着層4を、その中心軸を通る平面で切断し、EPMA（電子線走査による微小分析）を用いて行った。測定場所は、図8（B）に示すごとく、上記熔融固着層4の中央から左右に上記Aの1/4の長さだけずつずれ、熔融固着層上端部43からM/3下方にずれた位置、及び熔融固着層下端部42からM/3上方にずれた位置の4点（図8（B）のX点）を測定して平均した値を用いた。但し、本条件で熔融固着層4を作成した場合、ほぼ一率な合金成分となっており、測定位置による成分バラツキはほとんどみられない。

【0067】このようにして、中心電極28の先端部に貴金属チップ3をレーザー溶接したスパークプラグ1

（図2）について、耐久テストを行なった。該耐久テストは、上記スパークプラグ1を6気筒、2000ccの内燃機関に装着し、運転条件としてアイドリング1分間保持後、スロットル全開で6000rpm、1分間保持という条件を100時間繰り返した。

【0068】耐久テストの結果を、図7に、上記熔融固着層4における貴金属チップ3の成分比 α と、上記熔融固着層4の接合強度（単位：N（ニュートン））との関係として示す。上記接合強度は、上記熔融固着層4における曲げ強度を示している。この値が大きいく程、貴金属チップ3と電極母材2の接合性が高く、熱応力緩和効果が大きく、耐久性に優れたスパークプラグである。

【0069】図7より知られるごとく、耐久試験前は、全条件において特に差はない。しかし、耐久試験後は、 $\alpha = 30\%$ では曲げ強度が大幅に低下している。この場合、耐久試験品を詳細調査すると、図9（A）に示すごとく、熔融固着層4と貴金属チップ3との境界部、即ち熔融固着層上端部43において、熱応力による微細クラック6が発生していることが分かった。

【0070】また、 $\alpha = 80\%$ においても耐久試験後の曲げ強度が低下している。これも耐久試験品を詳細調査すると、図9（B）に示すごとく、熔融固着層4と電極母材2との境界部、即ち熔融固着層下端部42に熱応力による微細クラック6が発生していることが分かった。

【0071】このことから、貴金属チップ3の良好な接合性を得るためには、 $\alpha = 40\% \sim 70\%$ とする必要があることが分かる。また、良好な接合性を得る熔融固着層成分は、貴金属チップ3の成分比が多い方にある。これは、エンジン内においては、電極母材2側より貴金属チップ3側の方が高温となることに起因する。即ち、高温となるほど熱応力は大きくなるため、高温側での成分の差を小さくする必要があるからである。

【0072】なお、貴金属チップ3の直径Aが0.6mmの場合についても、同様に、熔融固着層4の貴金属チップ成分比 α を変更して接合性の評価を行なったが、 $A = 0.3\text{mm}$ の時と同様に、 $\alpha = 40 \sim 70\%$ の範囲で

良好な接合性を得ることが分かった。

【0073】また、比較のため、レーザーエネルギー条件を6Jに低下させ、図10に示すごとく、熔融固着層4の形成を小さくし、未熔融境界部7を発生させた。その結果、この場合には、 $\alpha = 40 \sim 70\%$ の範囲にあっても、曲げ強度が大幅に低下することが分かった。これは、未熔融境界部7が起点となって応力集中が発生し、クラック6の進行が進んでいるためと考えられる。このことから、未熔融境界部7が発生しない熔融固着層4を形成する必要がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態例にかかる、スパークプラグの電極母材、貴金属チップ、及び熔融固着層の断面図。

【図2】実施形態例にかかる、スパークプラグの一部断面正面図。

【図3】実施形態例にかかる、貴金属チップの電極母材への接合方法の説明図。

【図4】実験例1にかかる、貴金属チップの直径の違いによる消耗量の変化を表す線図。

【図5】実験例2にかかる、貴金属チップの直径の違いによる着火性の変化を表す線図。

【図6】実験例3にかかる、貴金属チップを電極母材へ、（A）接合する前の状態を表す断面図、（B）接合後の状態を表す断面図。

【図7】実験例4にかかる、熔融固着層における貴金属チップ成分の違いによる、貴金属チップの接合強度の変化を表す線図。

【図8】実験例4にかかる、（A）評価用の各種サンプルの作製方法を表す断面図、（B）熔融固着層成分の測定位置の説明図。

【図9】実験例4にかかる、耐久試験後の（A） $\alpha = 30\%$ の場合におけるクラック発生を表す断面図、（B） $\alpha = 80\%$ の場合におけるクラック発生を表す断面図。

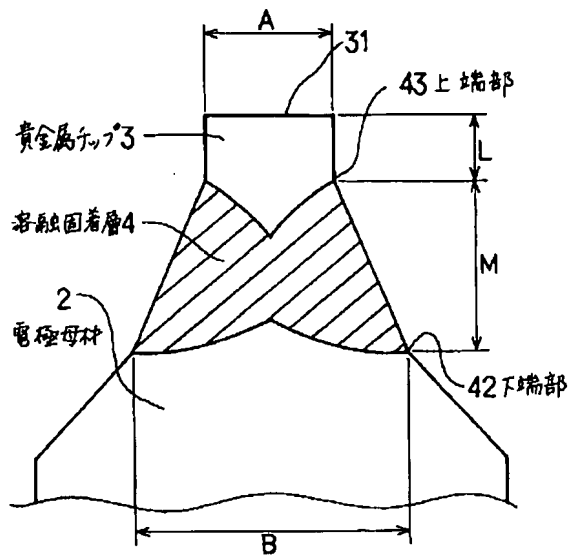
【図10】実験例4にかかる、貴金属チップ接合時のレーザーエネルギーが低い場合に未熔融境界部が発生する様子を表す断面図。

【図11】従来例にかかる、貴金属チップの電極母材への接合方法の説明図。

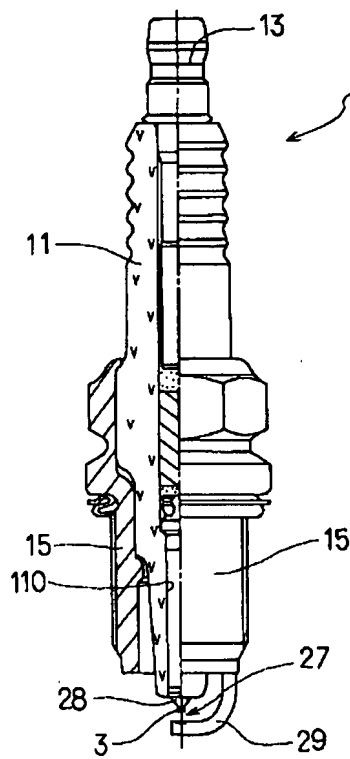
【符号の説明】

- 1... スパークプラグ、
- 2... 電極母材、
- 21... 直棒径小部、
- 3... 貴金属チップ、
- 4... 熔融固着層、
- A... 貴金属チップの直径、
- B... 熔融固着層の下端部における電極母材との接触面の直径、
- L... 貴金属チップの未熔融部長さ、
- M... 熔融固着層長さ、

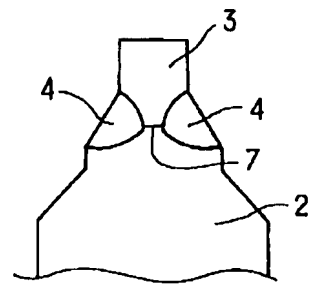
【図1】



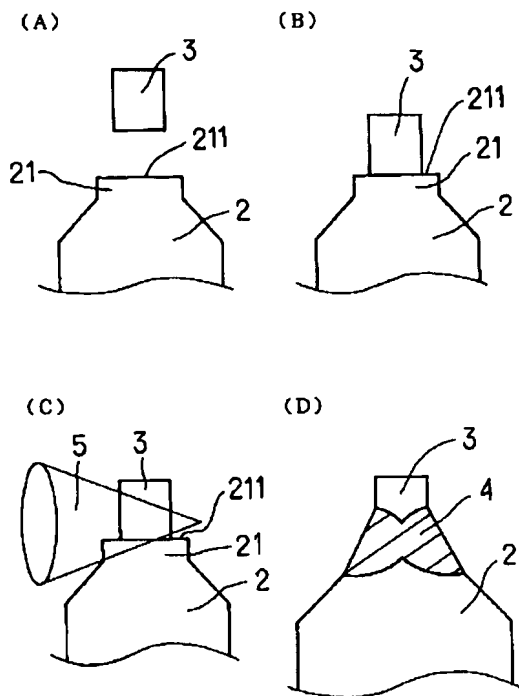
【図2】



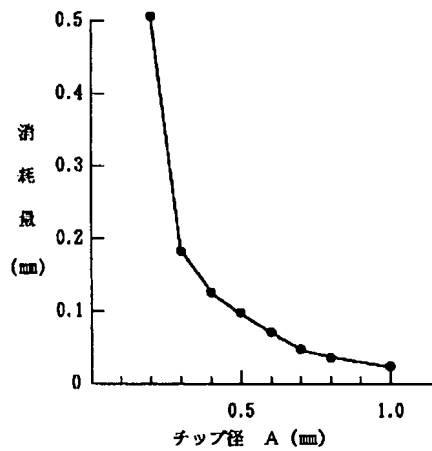
【図10】



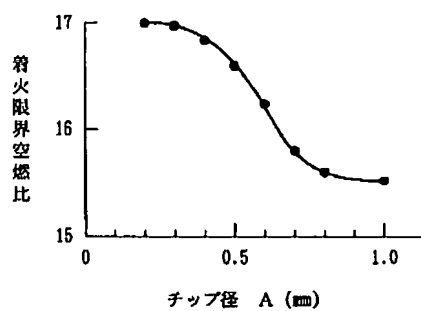
【図3】



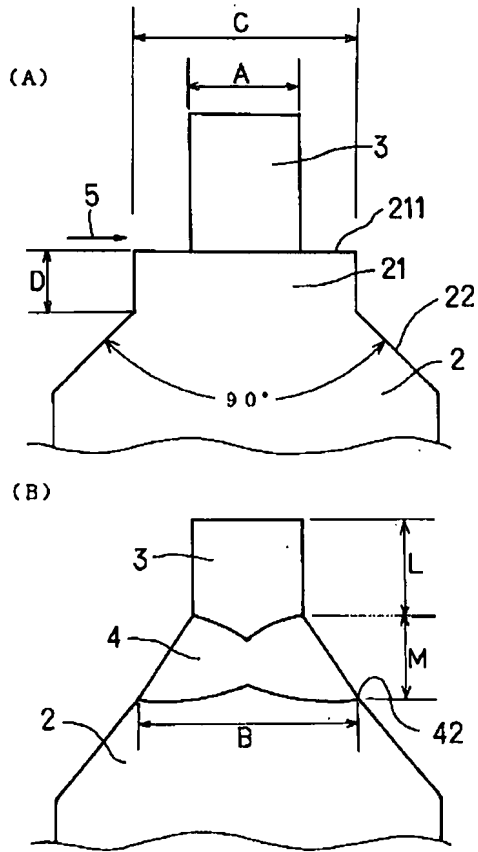
【図4】



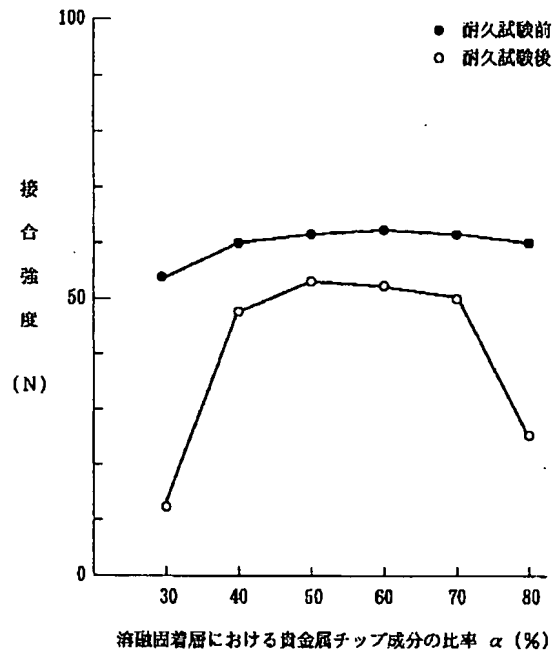
【図5】



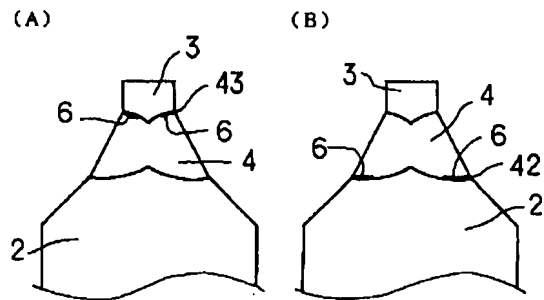
【図 6】



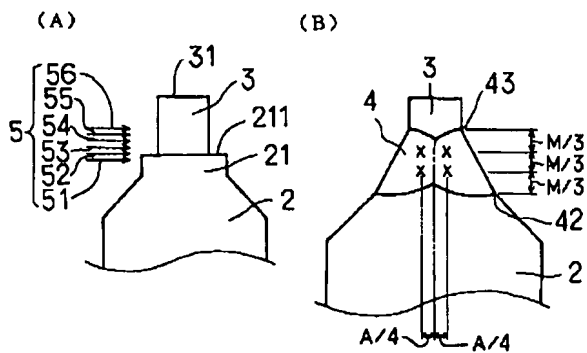
【図 7】



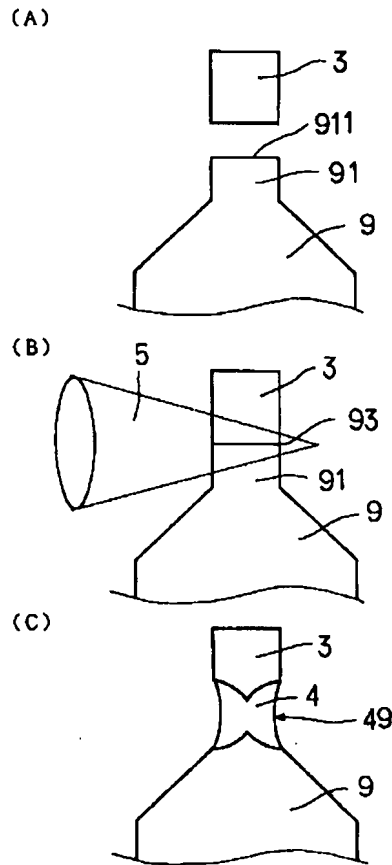
【図 9】



【図 8】



【図 1 1】



【手続補正書】

【提出日】平成 1 1 年 2 月 1 0 日

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 貫通孔を有する絶縁碍子と、少なくとも上記貫通孔の一端に配設した中心電極と、上記絶縁碍子を保持するハウジングと、上記ハウジングに設けられ上記中心電極と対向配設し、中心電極と共に火花ギャップを形成する接地電極とを有し、かつ上記中心電極と接地電極とが対向する面の少なくとも一方には、貴金属チップが、上記中心電極又は接地電極の成分と貴金属チップの成分とが熔融された熔融固着層を介して接合してなる内燃機関用のスパークプラグにおいて、上記貴金属チップと上記中心電極又は上記接地電極の少なくとも一方との境界部が全て上記熔融固着層のみで形成されることにより、上記貴金属チップと上記中心電極又は上記接地電極の少なくとも一方とが接合されているとともに、上記熔融固着層は、その熔融成分中に上記貴金属チップの成

分を、40重量%～70重量%含有しており、また、上記貴金属チップと上記熔融固着層との最も貴金属チップの先端寄りの境界面から上記貴金属チップの先端までの未熔融部の軸方向長さである未熔融部長さ L は、 $0.2\text{ mm} \leq L \leq 0.7\text{ mm}$ であり、上記熔融固着層と電極母材の未熔融部との境界面の内、最も電極母材寄りの位置から、上記熔融固着層と上記貴金属チップの未熔融部との境界面のうち最も貴金属チップの先端寄りの位置までの軸方向の熔融固着層の長さ M は、 $0.2\text{ mm} \leq M \leq 0.7\text{ mm}$ であり、かつ、上記貴金属チップの直径を A 、上記熔融固着層と上記中心電極又は接地電極との接触面を貴金属チップの軸方向に投影したときにできる最大距離長さである接触面の直径を B としたとき、 $B \geq 1.3A$ の関係を有し、かつ $0.3\text{ mm} \leq A \leq 0.6\text{ mm}$ であることを特徴とする内燃機関用のスパークプラグ。

【請求項 2】 請求項 1 において、上記貴金属チップは、Pt、Ir、Pd、Ru、Rh、Osのうち一種以上の貴金属からなることを特徴とする内燃機関用のスパークプラグ。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 において、上記貴金属チ

チップは、貴金属に対して Ni , W , Si , Y_2O_3 , ZrO_2 , Al_2O_3 のうち一種以上の添加剤を含有してなることを特徴とする内燃機関用のスパークプラグ。

【請求項 4】 請求項 1～3 のいずれか一項において、上記電極母材は、 Ni に Fe , Cr を添加してなる耐熱合金であることを特徴とする内燃機関用のスパークプラグ。

【請求項 5】 請求項 1～4 のいずれか一項において、上記貴金属チップは、貴金属材料のインゴットを熱間鍛造を経て、線状に引き延ばした後、所定長さに切断したものであることを特徴とする内燃機関用のスパークプラグ。

【請求項 6】 請求項 1～5 のいずれか一項において、上記貴金属チップと電極母材との接合部における熔融固着層は、略台形状の断面を有していることを特徴とする内燃機関用のスパークプラグ。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正内容】

【0011】

【課題の解決手段】請求項 1 の発明は、貫通孔を有する絶縁碍子と、少なくとも上記貫通孔の一端に配設した中心電極と、上記絶縁碍子を保持するハウジングと、上記ハウジングに設けられ上記中心電極と対向配設し、中心

電極と共に火花ギャップを形成する接地電極とを有し、かつ上記中心電極と接地電極とが対向する面の少なくとも一方には、貴金属チップが、上記中心電極又は接地電極の成分と貴金属チップの成分とが熔融された熔融固着層を介して接合してなる内燃機関用のスパークプラグにおいて、上記貴金属チップと上記中心電極又は上記接地電極の少なくとも一方との境界部が全て上記熔融固着層のみで形成されることにより、上記貴金属チップと上記中心電極又は上記接地電極の少なくとも一方とが接合されているとともに、上記熔融固着層は、その熔融成分中に上記貴金属チップの成分を、40重量%～70重量%含有しており、また、上記貴金属チップと上記熔融固着層との最も貴金属チップの先端寄りの境界面から上記貴金属チップの先端までの未熔融部の軸方向長さである未熔融部長さ L は、 $0.2\text{ mm} \leq L \leq 0.7\text{ mm}$ であり、上記熔融固着層と電極母材の未熔融部との境界面の内、最も電極母材寄りの位置から、上記熔融固着層と上記貴金属チップの未熔融部との境界面のうち最も貴金属チップの先端寄りの位置までの軸方向の熔融固着層の長さ M は、 $0.2\text{ mm} \leq M \leq 0.7\text{ mm}$ であり、かつ、上記貴金属チップの直径を A 、上記熔融固着層と上記中心電極又は接地電極との接触面を貴金属チップの軸方向に投影したときにできる最大距離長さである接触面の直径を B としたとき、 $B \geq 1.3A$ の関係を有し、かつ $0.3\text{ mm} \leq A \leq 0.6\text{ mm}$ であることを特徴とする内燃機関用のスパークプラグある。